

基于 LabVIEW 的磷酸铁工艺下闪蒸干燥机 仪表控制系统设计

杨 剑^{1,2}

(1. 甘肃泽通新能源材料有限公司; 2. 甘肃东方钛业有限公司, 甘肃 白银 730900)

摘要: 闪蒸干燥机是生产磷酸铁的重要设备之一, 能否对闪蒸干燥机系统中各区域温度和压力信号快速精准的采集、分析并反馈, 直接影响到闪蒸干燥机整套系统的稳定性和磷酸铁粉末的生产质量。该文基于 LabVIEW 编程软件, 对闪蒸干燥机仪表控制系统的硬件及软件设计进行阐述, 依托 LabVIEW 环境下对信号快速采集的优势, 实现虚拟仪器对工业设备信号的精准采集分析, 从而提高仪表控制的精度, 提升系统的响应速度, 提高了工作效率。

关键词: LabVIEW; 闪蒸干燥机; 仪表控制系统

中图分类号: TP271

文章编号: 1000-0682(2024)03-0027-05

文献标识码: A

DOI: 10.19950/j.cnki.CN61-1121/TH.2024.03.005

Design of instrument control system for flash drying machine in iron phosphate process based on LabVIEW

YANG Jian^{1,2}

(1. Gansu Zetong New Energy Materials Co., Ltd.; 2. Gansu Orient Titanium Industry Co., Ltd., Gansu Baiyin 730900, China)

Abstract: The flash dryer is one of the important equipment for the production of iron phosphate. Whether the temperature and pressure signals in each area of the flash dryer system can be quickly and accurately collected, analyzed, and fed back directly affects the stability of the entire flash dryer system and the production quality of iron phosphate powder. This article is based on LabVIEW programming software, and elaborates on the hardware and software design of the instrument control system for flash drying machines. Leveraging the advantages of fast signal acquisition in the LabVIEW environment, virtual instruments can accurately collect and analyze industrial equipment signals, thereby improving the accuracy of instrument control, enhancing system response speed, and improving work efficiency.

Keywords: LabVIEW; flash dryer; instrument control system

0 引言

随着锂离子电池等新能源材料的快速发展, 作为锂离子电池的正极材料, 磷酸铁锂因其价格低廉、寿命长、放电容量大等优点, 在近几年生产得到进一步的发展。磷酸铁是生产磷酸铁锂的重要化工原料, 不仅可以用于新材料电池, 同时也广泛应用于化

工催化剂、金属防腐剂等方面^[1]。

2020 年 9 月 22 日, 中国在第 75 届联合国大会上正式提出 2030 年实现碳达峰、2060 年实现碳中和的目标^[2]。实现碳达峰、碳中和是一场经济社会系统性变革。甘肃东方钛业有限公司及甘肃泽通新能源材料有限公司依托现有的钛白粉生产线, 将钛白粉产业与新能源材料产业相融合。形成以“废酸循环”、“亚铁循环”产业链, 将钛白粉生产过程中的硫酸亚铁等副产品作为磷酸铁生产原料进行内部循环, 形成了传统产业转型升级与新兴产业互补融合发展的产业新格局。

收稿日期: 2024-02-07

第一作者: 杨剑(1990—), 男, 甘肃庆阳人, 本科, 学士学位, 华北电力大学硕士研究生在读, 工程师, 从事化工生产及仪表设备的维护管理工作。

1 旋转闪蒸干燥机

作为锂离子电池的一种重要正极材料,磷酸铁在制备过程中通常需要将磷酸铁前驱体与锂盐等原料混合,然后进行高温烧结。在烧结过程中,会产生大量的水分和气体,需要进行干燥处理。闪蒸干燥机可以快速地将磷酸铁前驱体中的水分和气体去除,从而得到干燥的磷酸铁粉末。闪蒸干燥机的干燥速度快、效率高,可以大大缩短干燥时间,提高生产效率。

1.1 闪蒸干燥机工作原理

闪蒸干燥机在研制的过程中最大限度地增加磷酸铁物料分散度,即增加单位体积磷酸铁湿料的表面积,加速传热和传质过程。所需空气通过空气过滤器净化,经鼓风机送至加热器加热后,由底部环缝隙切线进入搅拌粉碎干燥室,产生螺旋上升气流。磷酸铁湿物料装入搅拌分散罐里混合,分散均匀后,经螺旋加料器连续定量地加入干燥机中,干燥的干品随同热空气自干燥机上部出口管带出机外,通过布袋除尘器,将干品粉粒收集到料仓中,尾气经引风机排空。

由于闪蒸干燥机受到离心、剪切、碰撞、摩擦而被微粒化,呈高度分散状态及气一固间的相对速度较大,强化了传质、传热,因此闪蒸干燥机具有蒸发强度高、生产能力大、操作人员劳动强度低、易操作等特点。闪蒸干燥机产生干燥气体在其内部可形成强烈的旋转气流,对器壁上的磷酸铁粉末物料产生强烈的冲刷带出作用,可有效地消除粘壁现象。

在干燥机底部高温区,磷酸铁粉末物料不与热表面直接接触,解决了磷酸铁粉末物料焦化变色的问题。通过干燥室上部的分级器可以控制出口物料的粒度及湿度,保证了产品的质量。此外,闪蒸干燥机还可以在干燥过程中对磷酸铁粉末进行分级和筛选,从而得到粒径均匀、流动性好的磷酸铁粉末,有利于后续的加工和应用。闪蒸干燥机在磷酸铁工艺中起到重要的干燥作用,对于制备高质量的磷酸铁粉末具有重要意义^[3]。

磷酸铁物料通过加热气体快速干燥,因此温度的控制对闪蒸干燥机非常重要。如果温度过高,物料可能会变质或烧毁;如果温度过低,则干燥效率会降低,影响生产效率。由于闪蒸干燥机在磷酸铁工艺中起到的重要作用,因此能否对闪蒸干燥机,尤其是闪蒸干燥机系统中各区域温度和压力信号快速精准采集、分析、反馈,直接影响到闪蒸干燥机整套系

统的稳定性和磷酸铁粉末的生产质量。目前对旋转闪蒸干燥机控制操作系统多是基于 PLC 编程软件,本设计结合甘肃泽通新能源材料有限公司磷酸铁工艺实际情况,基于 LabVIEW 编程软件实现对旋转闪蒸干燥机仪表控制系统的设计。

由美国国家仪器(NI)公司研制开发的 LabVIEW 是一种程序开发环境,类似于 C 和 BASIC 开发环境,但 LabVIEW 使用的是图形化编辑语言 G 编写程序,产生的程序是框图形式。相比于 PLC,LabVIEW 的图形化编程使得编程变得更加直观和易于理解,从而减少了编程错误的可能性。由于 LabVIEW 的前面板和程序板的结构,使得 LabVIEW 可以实时地执行控制系统,这对于闪蒸干燥机等需要快速响应的控制系统非常重要。同时 LabVIEW 可以在包括 Windows、Linux 等多种平台上运行,实现包括数据采集、信号处理等功能,并通过和 MATLAB、PLC 等软件、硬件系统集成,实现更复杂的控制系统。

2 闪蒸干燥机仪表控制系统设计

通过仪表自动化控制,可以实现对闪蒸干燥机干燥过程中的数据,尤其是对闪蒸干燥机的温度、压力等重要信号进行实时监测和控制,并及时做出反馈,同时可以及时发现和处理生产过程中的异常情况,从而可以提高生产效率,增加产品的质量和稳定性,提升生产安全性,增强企业的竞争力和经济效益。

2.1 闪蒸干燥机仪表控制系统硬件设计

闪蒸干燥机仪表控制系统硬件部分主要包括 K 型热电偶、Pt100 热电阻、压力变送器、双金属温度计、涡轮流量计以及各类切断阀、调节阀、安全阀等。其中涡轮流量计、切断阀、调节阀、安全阀主要是为控制旋转闪蒸干燥机所用天然气流量,根据李萍教授的实验数据可知,天然气可提供的燃烧发热量为 $36\,078.770\text{ kJ}\cdot\text{m}^3$,可满足旋转闪蒸干燥机燃烧所需热量^[4]。

温度数据是闪蒸干燥机的重要数据之一,能否精确地对即时温度进行测量,直接决定着产品的质量是否合格^[5]。为了准确测量和控制干燥过程中的温度,确保产品的质量和干燥效率,系统采用的温度仪表包括 K 型热电偶、Pt100 热电阻以及双金属温度计,通过三种不同类型温度仪表实现对旋转闪蒸干燥机温度信号的测量及反馈,并实现多重保障。

K 型热电偶是工业中常见的高温测量仪表,其测量范围通常在 $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$,并且 K 型热电

偶的输出信号与温度之间的线性关系较好,不易受环境因素的影响,在测量温度时能够长期稳定地工作,并提供更准确的结果,因此在许多应用中是一种经济实惠的选择。

Pt100 热电阻可精确测温的范围通常为 $-200 \sim 500\text{ }^{\circ}\text{C}$, 旋转闪蒸干燥机的使用温度通常为 $200 \sim 400\text{ }^{\circ}\text{C}$, 在高温测量中, Pt100 热电阻性能相比于 K 型热电偶并不具备太大优势, 但是 Pt100 热电阻在长期使用后能保持较好的稳定性和线性度, 而且其高达 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的测量精度, 非常适用于需要高精度温度测量闪蒸干燥机的应用。

双金属温度计是一种测量中低温度的现场检测仪表, 可以直接测量各种生产过程中的 $-80\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内液体、蒸汽和气体介质温度。双金属温度计以其测量范围广、响应速度快、价格低廉、坚固耐用等特点被广泛地应用于工业温度测量中。

闪蒸干燥机在干燥过程中, 物料通过加热气体快速干燥, 因此干燥机内部的压力变化会对干燥效果产生重要影响。压力变送器可以将干燥机内部的压力信号转换成标准的电信号输出, 可以准确测量和控制干燥过程中的压力, 从而确保干燥机的正常运行和产品的质量。同时压力变送器还可以用于监测干燥机的运行状态, 及时发现闪蒸干燥机是否存在堵塞或泄漏等问题, 从而及时采取措施解决问题, 保证闪蒸干燥机的正常运行。

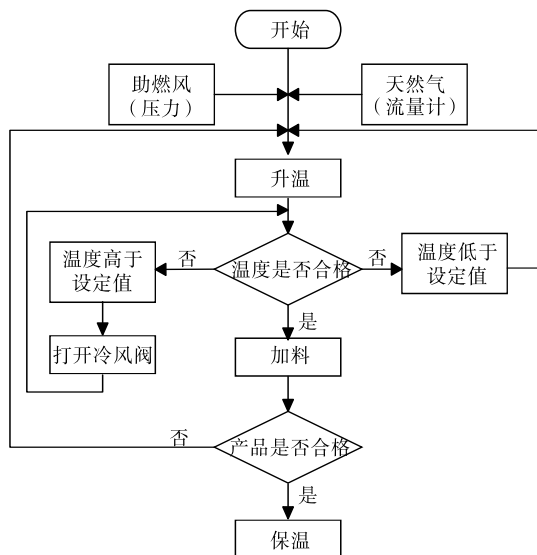


图1 闪蒸干燥机控制流程图

2.2 闪蒸干燥机仪表控制系统软件设计

闪蒸干燥机仪表控制系统软件主要包括温度信号软件和压力信号软件。LabVIEW 编程软件因其实时性、集成性以及强大的计算能力等特点, 可以快

速对闪蒸干燥机仪表控制系统采集到的温度和压力信号进行响应, 并做到及时反馈。系统采集温度及压力输出的即时电压信号, 通过分析运算得到即时的温度和压力数据, 从而实现对温度和压力的分析控制。

系统对温度仪表控制流程如图2所示。

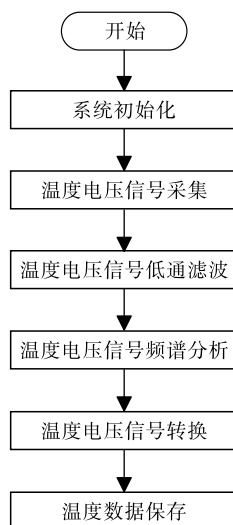


图2 闪蒸干燥机温度仪表控制流程图

当系统开机对温度信号检测时, 首先对系统进行初始化自检, 确认系统无误后, 开始对 K 型热电偶及 Pt100 热电阻采集到的电压信号进行采集, 其电压信号采集程序如图3所示。

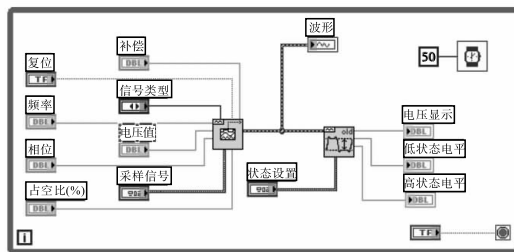


图3 电压信号采集程序框图

当采集到的电压信号转递至温度控制系统时, 系统首先对采集到的电压信号进行滤波处理, 尽可能减少环境对信号带来的电磁干扰, 确保采集的电压信号持续稳定。其滤波器程序如图4所示。

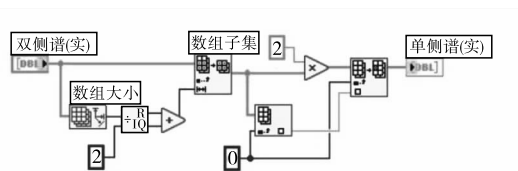


图4 系统滤波器程序框图

系统对经过滤波后的电压信号进行初步分析, 将收集到的电压信号中的频率、幅值、信号偏差等信

息进行收集保存,方便后期出现问题后,提供数据参考。其信号频谱分析程序如图 5 所示。

经过滤波及频谱分析后,系统将采集到的电压信号进行“电压—温度”转换,将采集到的电压信号

转换为温度信号,并对温度进行分析。如图 6 所示为 K 型热电偶温度信号采集程序框图,图 7 所示为温度分析程序框图。

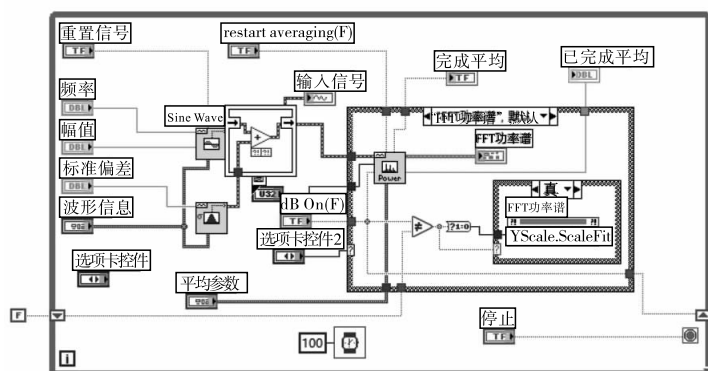


图 5 信号频谱分析程序框图

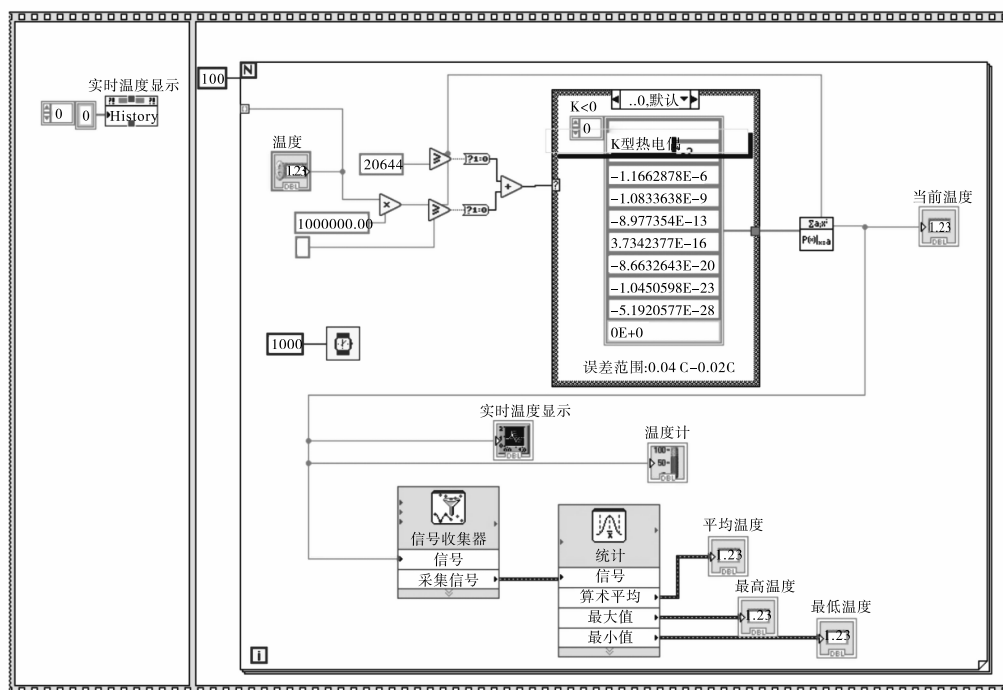


图 6 K 型热电偶温度信号采集程序框图

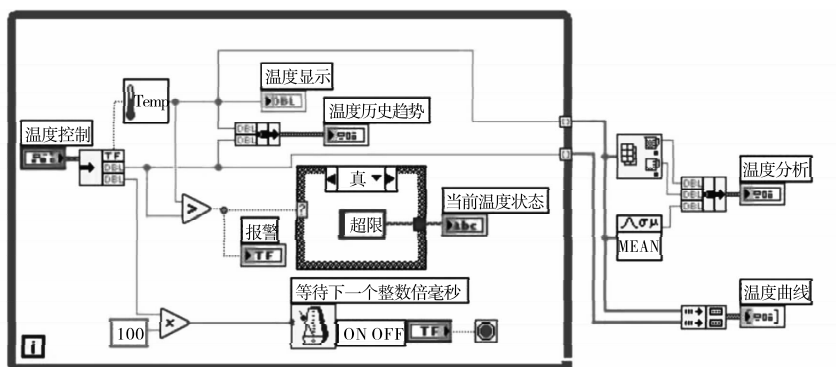


图 7 温度分析程序框图

由于 Pt100 热电阻是根据电阻值随温度的变化而变化,通过欧姆定律将 Pt100 热电阻的电阻值转化成电压信号,根据公式(1)实现电压信号与温度信号的转换。Pt100 热电阻温度信号采集程序如图

8 所示。

$$T = 0.385V + 100 \quad (1)$$

式中: T 为显示的即时温度值,单位 $^{\circ}\text{C}$; V 为采集的即时电压信号,单位 mV 。

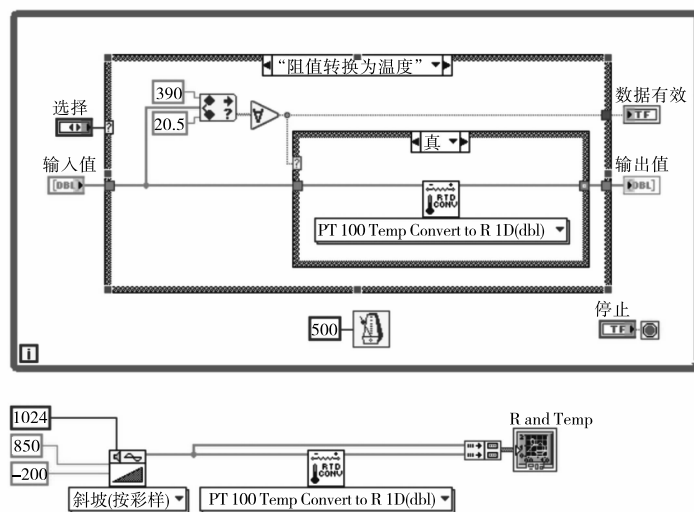


图 8 Pt100 热电阻温度信号采集程序框图

待“电压—温度”转换完成,系统对所有数据进行保存,并形成文档,文档格式可根据需求修改文档格式,从而形成 xls 或 txt 文件。

系统对压力仪表控制、流量计控制流程与温度仪表控制基本相似,故在此不多做赘述。

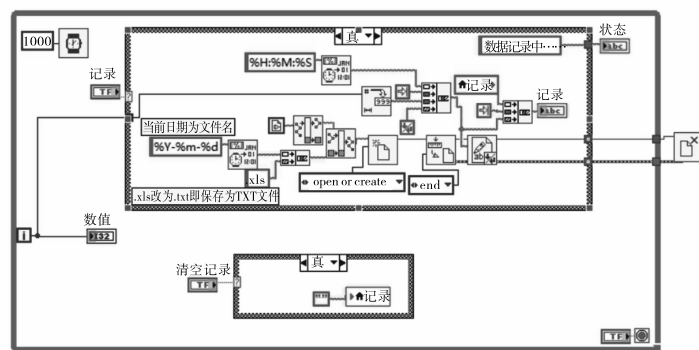


图 9 数据记录存储框图

3 结语

该文以温度仪表控制为例,介绍通过 LabVIEW 编程软件实现对闪蒸干燥机仪表控制系统的设计,实现闪蒸干燥机对温度、压力、流量等仪表参数的采集、分析和控制,充分发挥 LabVIEW 环境下对信号快速响应反馈的优势,实现虚拟仪器对工业设备信号的精准采集分析,从而提高仪表控制的精度,提升系统的响应速度,并进一步提高了工作效率,为工业自动化控制技术的实际应用研究提供新的角度,具有较强的实用性及推广价值。

参考文献:

- [1] 夏童,李刚,徐世伟,等. 磷酸铁锂/小尺寸石墨烯复合锂离子电池阴极材料的制备及储能特性[J]. 微纳电子技术,2021,58(05):386-391.
- [2] 徐可. 碳达峰、碳中和的经济学解读[N]. 光明日报,2021-06-22.
- [3] 任朝晖,王永富,闻邦椿. 闪蒸干燥机温度的自适应模糊 PID 控制[J]. 控制工程,2006(01):22-24.
- [4] 李萍,曾令可,吴波,等. 几种燃气的理论计算分析[J]. 工业炉,2011,33(02):31-33.
- [5] 安丙峰. 旋转闪蒸干燥控制系统设计[J]. 通讯世界,2016(15):237-238.